

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra energetických zařízení



Tomáš Červa

Vytápění v základní škole

Heating in basic school

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Novotný, CSc.

Konzultant bakalářské práce:

Doc. Ing. Václav Dvořák, Ph.D.

Rozsah práce:

Počet stran: 55

Počet obrázků: 8

Počet tabulek: 8

Počet grafů: 0

Počet příloh: 0

Počet schémat: 3

Liberec 2012

Abstrakt

Cílem Bakalářské práce je analýza současného způsobu vytápění, stavu budov a celkového technického zařízení, které má na spotřebu paliva vliv. Na základě těchto údajů je třeba určit pravděpodobné příčiny vysokých nákladů na vytápění a navrhnout úsporná opatření.

Základní škola v Českém Dubu se skládá z osmi budov. Z toho šest je postaveno před patnácti lety. Tudíž je u nich zachována výkresová dokumentace. Kvůli stavebním úpravám byla vytvořena výkresová dokumentace i starých budov, která byla získána na Stavebním úřadě v Českém Dubu.

Nejprve byl proveden výběr vzorové budovy (C – viz. Obrázek 5), utříděny dokumenty, zjištěny rozměry budovy, použité materiály, jejich vlastnosti, skladba a aplikace. Dále byly vyhledány normované hodnoty pro teploty ve třídách, chodbách, kabinetech, součinitel přestupu tepla na vnější straně povrchu, součinitel přestupu tepla na vnitřní straně povrchu, teplota zimního extrému pro oblast, v níž se škola nachází. Díky těmto hodnotám bylo možné vypočítat součinitele prostupu tepla jednotlivými částmi konstrukce. Rozměry jednotlivých stavebních částí byly sečteny. Ze všech získaných hodnot byly vypočítány celkové tepelné ztráty budovy, které byly následně porovnány s hodnotami ze stavebních podkladů.

V deníku kotelny byl uveden způsob provozování zařízení, venkovní teploty, topné časy, teplota topné vody a spotřeba paliva.

Byly porovnány náklady se současnými požadavky na energetickou náročnost budov. V závěru práce jsou navrženy změny v pravidlech provozu kotlů a topných systémů, výměna kotlů za kondenzační pro snížení energetické náročnosti školního komplexu, bez omezení komfortu tepelné pohody pro jeho uživatele.

Klíčová slova

Vytápění, spotřeba paliva, tepelné ztráty

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to analyze the current method of heating, condition of the buildings and the whole technical equipment that influences the consumption of fuels. On the basis of these facts it is necessary to define the probable causes of the high costs of heating and suggest some saving measures.

The Primary School in Český Dub consists of eight buildings. Six out of them were built fifteen years ago so the drawing documentation is still kept. Due to building modifications a drawing documentation was also created for the old buildings and was obtained at the Building Authority in Český Dub.

Firstly an example building (C) was chosen, documents were sorted, then dimensions of the building, used materials, their features, composition and application were found out. Also standardized values for the temperatures in the classrooms, in the corridors, in the staff rooms, heat transfer coefficient on the inside part of the surface, the temperature of the winter extreme of the area where the school is situated were searched. Thanks to these values was possible count heat transfer coefficient through each part of the construction. The measurements of the individual building parts were added up. From the gained values the total heat losses of the building were counted and later compared with the values from the building documentations.

In the diary of the boiler room was stated a method of operation of equipment, outdoor temperatures, heating times, heating water temperature and the consumption of the fuel.

The costs with the current requests on the energy consumption of the buildings were compared.

In the end of the thesis some changes in the rules of the operation of cressets and heating systems are suggested, replacement of cressets for condensing cressets to lower the energetic consumption of the school building complex, without compromising the thermal comfort of the user.

Keywords

heating, consumption of fuels, heat loss

Der Abstrakt

Das Ziel dieser Arbeit ist die Analyse der gleichzeitigen Heizungsform, des Gebäudestandes und der gesamten technischen Geräte, die auf den Brennstoffverbrauch Einfluss haben. Aufgrund dieser Angaben ist es notwendig wahrscheinliche Ursachen der hohen Heizungskosten festzulegen und die Sparmaßnahmen vorzuschlagen.

Die Grundschule Cesky Dub setzt sich aus 8 Gebäude zusammen. Sechs Gebäude wurden vor 15 Jahren gebaut. Bei diesen Gebäude existiert man Zeichnungsdokumentation. Wegen der Baubearbeitungen wurde neue Zeichnungsdokumentation den alten Gebäude aufgestellt, die auf dem Bauamt Cesky Dub gewonnen wurde.

Zuerst wurde die Auswahl des Mustergebäudes (C) durchgeführt, die Dokumenten sortiert, Abmessungen des Gebäudes festgestellt, verwendete Materialien, ihre Eigenschaften, Struktur und Applikationen gefunden. Weiter wurden normierte Werte für die Temperatur in den Klassen, Fluren, Kabinetten ausgesucht, Wärmeübergangskoeffizient auf der Außenseite der Fläche, Wärmeübergangskoeffizient auf der Innenseite der Fläche gefunden und es wurde die Temperatur für extremen Winter für das Gebiet, wo sich die Schule befindet, festgestellt. Dank dieser Werte wurde möglich Wärmeübergangskoeffizient der einzelnen Konstruktionsteilen gerechnet. Größe der einzelnen Bauteilen wurden summiert. Aus den allen gewonnenen Werten wurden die gesamten Wärmeverlust der Gebäude gerechnet, die mit den Werten aus den Bauunterlagen verglichen wurden.

Im Tagebuch des Kesselraumes wurde die Art des Ausrüstungsbetriebs, Außentemperatur, Heizzeiten, Temperatur des Warmwassers und Brennstoffverbrauch durchgeführt.

Es wurden Kosten mit den gegenwärtigen Anforderungen auf Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden verglichen.

Im Abschluss der Arbeit sind die Wechsel in den Regeln des Betriebs von Kesseln und Heizsysteme vorgeschlagen, Austausch der Kessel gegen Brennwertgeräte für die Reduzierung der Energieintensität der Schule, ohne Komfortbegrenzung der thermischen Behaglichkeit für Benutzer.

Schlüsselwörter

Heizung, Brennstoffverbrauch, Wärmeverluste

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení **Tomáš Červa**

Studijní program **bakalářský – B2341 Strojírenství**

Obor **2302R022 Stroje a zařízení**

Zaměření **Energetické stroje a zařízení**

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Vytápění v základní škole

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Vyberte jednu budovu a ze stavební dokumentace určete tepelné ztráty těchto prostor.
2. Provedte analýzu současného stavu vytápění a určete pravděpodobnou příčinu vysokých nákladů na vytápění.
3. Porovnejte tyto náklady se současnými požadavky na energetickou náročnost budov.
4. Navrhněte změny v systému vytápění, rekonstrukci kotelny, nebo výměnu kotlů tak aby byly snížena energetická náročnost školního komplexu.

Forma zpracování bakalářské práce:

- původní zpráva: cca 30 stran
- grafické práce:

Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu):

Chyský Jaroslav, Hemzal Karel : Větrání a Klimatizace, 2002, ISBN 80-901574-0-8

Gebauer G., Rubinová O., Horká H.: Vzduchotechnika, 2005, ISBN 80-7366-027--X

Brož K.: Vytápění, 2002, ISBN 80-01-02536-5, ČVUT Praha

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Novotný, CSc.

Konzultant bakalářské práce:

Doc. Ing. Václav Dvořák, Ph.D.

L. S.

Doc. Ing. Václav Dvořák, Ph.D.
CSc.
vedoucí katedry

doc. Ing. Miroslav Malý,
děkan

V Liberci dne 21.3. 2012

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

24. května 2012

Podpis:

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

24.5.2012

Signature:

Poděkování

Velmi rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří mi pomáhali při vzniku této práce. Především Ing. Petru Novotnému, CSc., vedoucímu mé bakalářské práce, za cenné rady, připomínky při vypracování této práce a metodické vedení. Dále bych rád poděkoval Martinu Bobkovi, místostarostovi Českého Dubu, za ochotu a pomoc při získávání podkladů a dokumentace o Základní škole v Českém Dubu.

OBSAH

Úvod	19
1. Tepelné ztráty budovy C	20
1.1 Výpočet tepelných ztrát budov	20
1.2 Vlastnosti zdiva, stropu a podlahy	23
1.2.1 Prostup tepla	23
1.2.2 Prostup tepla rovinnou stěnou	23
1.2.3 Tepelná ztráta zeminou	24
1.3 Tlustá zeď	25
1.4 Štíhlá zeď	26
1.5 Okna a balkónové dveře	27
1.6 Strop	27
1.7 Podlaha	29
1.8 Zimní extrém	31
1.8.1 Nejnižší a nejvyšší výpočtové teploty	31
1.9 Ztráty učeben a kabinetů	32
1.10 Ztráty větráním	34
1.11 Ztráty chodeb	34
2. Porovnání tepelné ztráty s technickou zprávou	36
2.1 Úvod technické zprávy	36
2.2 Bilance technické zprávy	36
3. Energetická náročnost budovy	38
4. Provozní údaje	39
4.1 Provozní deník	39
4.2 Spotřeba plynu	50
4.3 Popis regulačních smyček	50
5. Návrh změny provozu	52
6. Návrh výměny kotlů	52
7. Použitá literatura	53
8. Seznam obrázků	55
9. Seznam tabulek	55
10. Seznam schémat	55

ZKRATKY

°C		stupeň celsia
atd.		a tak dále
Atmosf.		atmosferický
Cca		přibližně
č.		číslo
čl.		článek
ČR		Česká republika
ČSN		Česká státní norma
ENB		energetická náročnost budov
HU		hlavní uzávěr
J		joule
K		kelvin
k	[W/m ² K]	součinitel prostupu tepla
k _F	[W/m ² K]	součinitel prostupu stropu
kg		kilogram
kg/h		kilogram za hodinu
k _o	[W/m ² K]	součinitel prostupu oken a balkónových dveří
k _p	[W/m ² K]	součinitel prostupu podlahy
k _s	[W/m ² K]	součinitel prostupu štíhlé zdi
k _T	[W/m ² K]	součinitel prostupu tlusté zdi
kW		kilowatt
kWh		kilowatthodina
l		litr
m		metr
m n.m.		metr nad mořem
m ²		metr čtvereční
m ³		metr krychlový
m ³ h ⁻¹		metr krychlový za hodinu
m ³ N.h-1		normovaný metr krychlový za hodinu
mbar		milibar

MJ		Mega Joule
MJ.mN ⁻³		Mega Joule na normovaný metr krychlový
mm		milimetr
p.o.		příspěvková organizace
Pa		pascal
Q	[W]	základní tepelná ztráta
Q _{FCh}	[kW]	tepelná ztráta stropu nad chodbami
Q _{FU}	[kW]	tepelné ztráty stropem nad učebnami a kabinety
Q _{OA}	[kW]	tepelná ztráta okny do atria
Q _{OCh}	[kW]	tepelná ztráta okny chodeb
Q _{PCh}	[kW]	tepelná ztráta podlahy pod chodbami
Q _{PU}	[kW]	tepelné ztráty podlahou pod učebnami a kabinety
Q _{PZU}	[kW]	tepelná ztráta stěn do země
Q _{SCh}	[kW]	tepelná ztráta slabých stěn do chodeb okolních budov
Q _{SCh}	[kW]	tepelná ztráta schodů do země
Q _{TA}	[kW]	tepelná ztráta stěn do atria
Q _{TCh}	[kW]	tepelná ztráta stěn chodeb
Q _{TPCh}	[kW]	tepelná ztráta stěn na půdu
Q _{TPU}	[kW]	tepelná ztráta stěn na půdu
Q _{ZV}	[kW]	tepelná ztráta větráním
resp.		respektive
Rs		regulační smyčka
S	[m ²]	plocha stěny
s		sekunda
sb.		sbírka
S _{FCh}	[m ²]	plocha stropu nad chodbami
S _{FU}	[m ²]	plocha stropu nad učebnami a kabinety
S _{OA}	[m ²]	plocha oken do atria
S _{OCh}	[m ²]	plocha oken chodeb
S _{PCh}	[m ²]	plocha podlahy pod chodbami

S_{PU}	$[m^2]$	plocha podlahy pod učebnami a kabinety
S_{PZU}	$[m^2]$	plocha stěn do země
S_S	$[m^2]$	plocha slabých stěn do chodeb okolních budov
S_{SCh}	$[m^2]$	plocha schodů do země
S_{TA}	$[m^2]$	plocha stěn do atria
S_{TCh}	$[m^2]$	plocha stěn chodeb
S_{TPCh}	$[m^2]$	plocha stěn na půdu
S_{TPU}	$[m^2]$	plocha stěn na půdu
t_1	$^{\circ}C$	teplota na jedné straně zdi
t_2	$^{\circ}C$	teplota na druhé straně zdi
tab.		tabulka
t_e	$^{\circ}C$	venkovní výpočtová teplota v zimním období
t_e	$[^{\circ}C]$	teplota externí
t_{gr}	$[^{\circ}C]$	teplota zeminy
t_i	$[^{\circ}C]$	teplota interní
tis.		tisíc
tj.		to je
TUL		Technická univerzita v Liberci
TUV		teplá užitková voda
TV		teplota vody
V	$[m^3]$	objem vzduchu potřebný k vyvětrání
V		Volt
W		watt
WC		toalety
ZŠ		Základní škola
ZUŠ		Základní umělecká škola
α_1	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla na jednom povrchu stěny
α_2	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla na druhém povrchu stěny
α_i	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně

α_k	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla konvekci
α_s	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla sáláním
δ	[m]	tloušťka stěny
δ_B	[m]	tloušťka betonu
δ_c	[m]	tloušťka cihel
δ_D	[m]	tloušťka dlažby
δ_H	[m]	tloušťka hydroizolace
δ_L	[m]	tloušťka polystyrenu
δ_o	[m]	tloušťka vnitřní omítky
δ_p	[m]	tloušťka minerální tepelné izolace
δ_s	[m]	tloušťka sádrokartonu
Δt	°C	rozdíl teplot
δ_u	[m]	tloušťka vnější omítky
δ_v	[m]	tloušťka vzduchové mezery
λ	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti
λ_B	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu betonu
λ_c	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu cihel
λ_D	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu dlažby
λ_H	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu hydroizolace
λ_L	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu polystyrenu
λ_o	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu vnitřní omítky
λ_p	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu tepelné izolace
λ_s	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu sádrokartonu
λ_u	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu vnější omítky
λ_v	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	součinitel prostupu vzduchové mezery
α_e	[W.m ⁻² .K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla na vnější straně

FOTO

Obrázek 1 - Základní škola (budovy B a C)



Obrázek 2 - Sportovní hala (G)



Obrázek 3 - Jídelna, kuchyně (F)



Obrázek 4 - Školní družina (E)



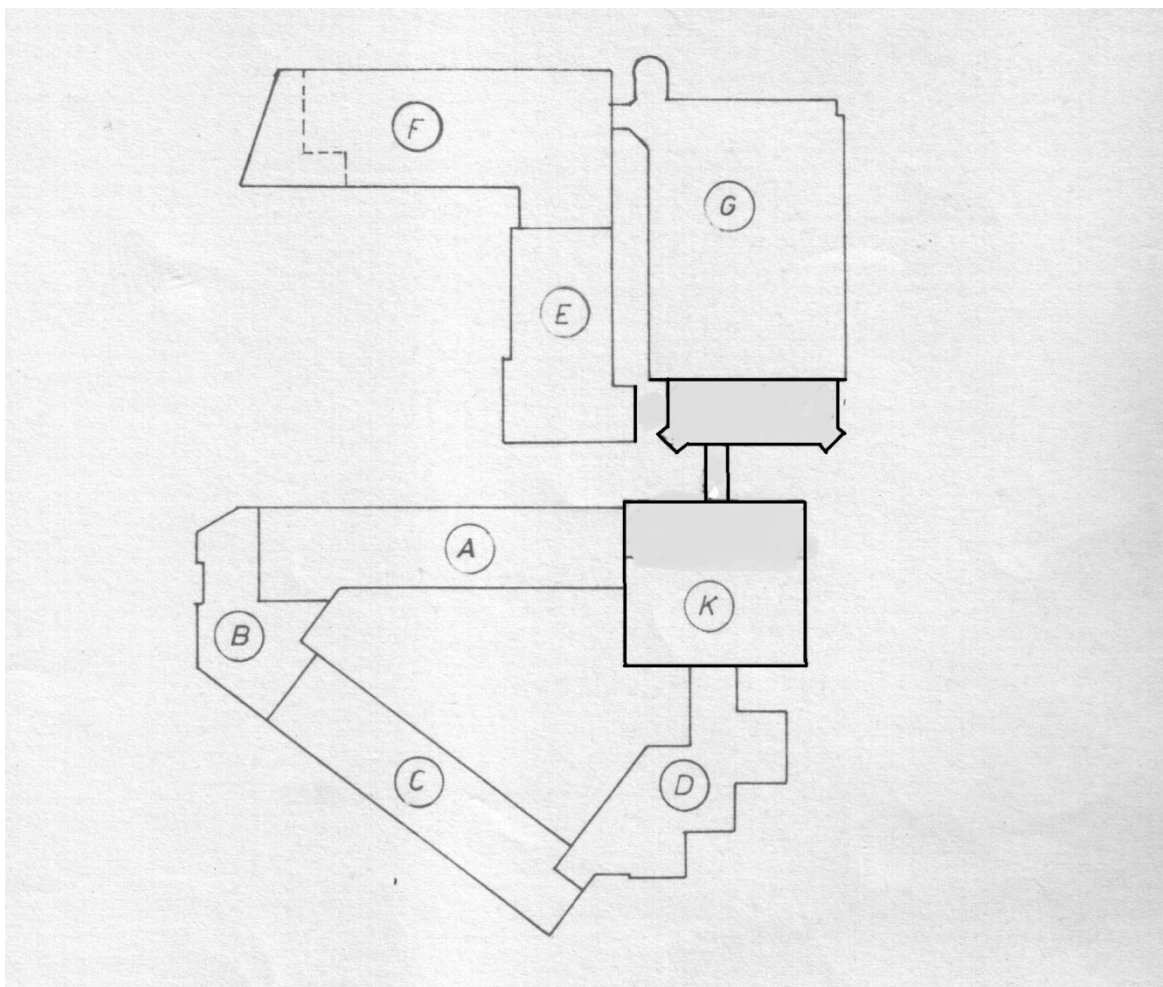


Schéma 1 - Schéma budov

A...sklep – šatny, první patro – ředitelna, sborovna, sekretariát, druhé patro – kmenové učebny a kabinety

B...přízemí – vstupní hala, kantýna, schodiště, WC, první patro – odborná učebna, schodiště, WC, druhé patro – odborná učebna, schodiště, WC

C... kmenové učebny, kabinety

D... kmenové učebny, kabinety, WC, odborná učebna

E...školní družina

F...školní jídelna a kuchyně

G...školní tělocvična

K...kotelna, sklad, odborné učebny, kabinety

ÚVOD

Základní škola v Českém Dubu je příspěvkovou organizací (p.o) města Český Dub. Organizace je ZŠ se školní družinou, tělocvičnou, školním klubem, školní jídelnou a kuchyní. Kapacita školy je 487 žáků, školní družiny 130 žáků, jídelny 450 osob. Komplex se skládá z budovy staré základní školy (v níž se nacházejí odborné učebny, kabinety, kotelna a třídy základní umělecké školy – ZUŠ) a 4 bloků nové přístavby (v nichž jsou kmenové učebny a kabinety). Do komplexu patří ještě sportovní hala (v té je velká tělocvična, malá tělocvična, posilovna, sprchy a šatny) a budova kuchyně, jídelny a školní družiny.

Všechny objekty jsou vytápěny z centrální kotelny v budově staré základní školy. Ve vlastní kotelně jsou instalovány kotle Hydrotherm MV 1080 kW a EV 216/360. Jedná se o vysoce výkonné článkové kotle pro nízkoteplotní provoz, vyrobené z litiny, pro podtlakové spalování s atmosférickým hořákem. Účinnost kotle je 90 – 92% a konstrukce kotle vykazuje minimální emise škodlivin. Maximální výstupní teplota otopné vody je 90°C a minimální teplota vratné vody je 42°C. Nyní je teplota otopné vody v základním okruhu nastavena na 60°C (nastavuje školník). Na základní okruh jsou napojeny výměníky na TUV a 6 okruhů pro vytápění jednotlivých částí budov, které jsou řízeny ekvitermně. Systém je jištěn expanzní a doplňovací soupravou. Odvod spalin je proveden ocelovými kouřovody do komína. V projektu byla plánovaná spotřeba plynu 351,9 tis. m³/rok. Reálná spotřeba plynu viz. tab. 6. Celkový instalovaný elektrický příkon je 4,6 kW. Z toho připadá 0,6kW na osvětlení a 4kW na technologie. Druh a způsob uzemnění, zemní odpor – základní ochrana je v celém rozsahu provedena nulováním dle ČSN 34 1010, čl. 71. a 72. Zvýšená ochrana bude provedena pospojováním dle čl. 91. téže ČSN.

1. Tepelné ztráty budovy C

1.1 Výpočet tepelných ztrát budov

Tepelná ztráta budovy se může určit podle ČSN 06 0210 - výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Nebo lze použít novou ČSN EN 12831: 2005 tepelné soustavy v budovách – výpočet tepelného výkonu.

Ve výpočtech byla použita norma ČSN 06 0210 z důvodu ověření správnosti výpočtů použitých v technické zprávě, kde byla taktéž použita.

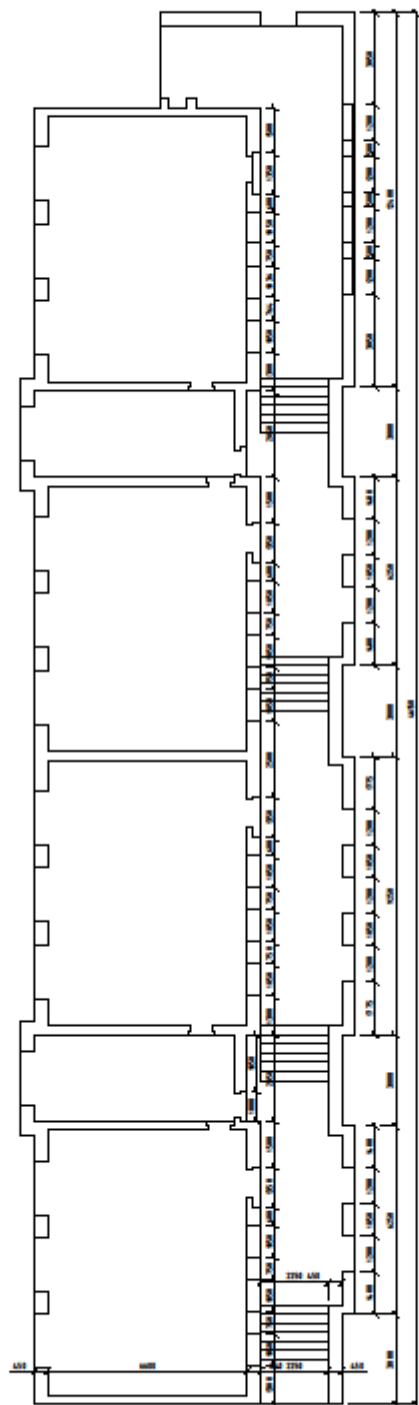
Obecné zásady – výpočtový postup pro vytápěný prostor

- určení hodnot venkovní výpočtové teploty a průměrné roční venkovní teploty,
- určení stavu prostoru (vytápěný/nevytápěný) a určení hodnot vnitřní výpočtové teploty každého vytápěného prostoru,
- určení rozměrových a tepelných charakteristik všech stavebních konstrukcí pro všechny vytápěné nebo nevytápěné prostory,
- výpočet měrné tepelné ztráty prostupem a její vynásobení výpočtovým rozdílem teplot, výsledkem je projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla,
- výpočet měrné tepelné ztráty větráním a její vynásobení výpočtových rozdílem teplot, výsledkem je projektovaná tepelná ztráta větráním,
- výpočet celkové projektované tepelné ztráty vytápěného prostoru jako součtu projektovaných tepelných ztrát prostupem tepla a projektovaných tepelných ztrát větráním.

Obrázek 5 - budova C



Obrázek 6 - Půdorys budovy C



1.2 Vlastnosti zdiva, stropu a podlahy

1.2.1 Prostup tepla

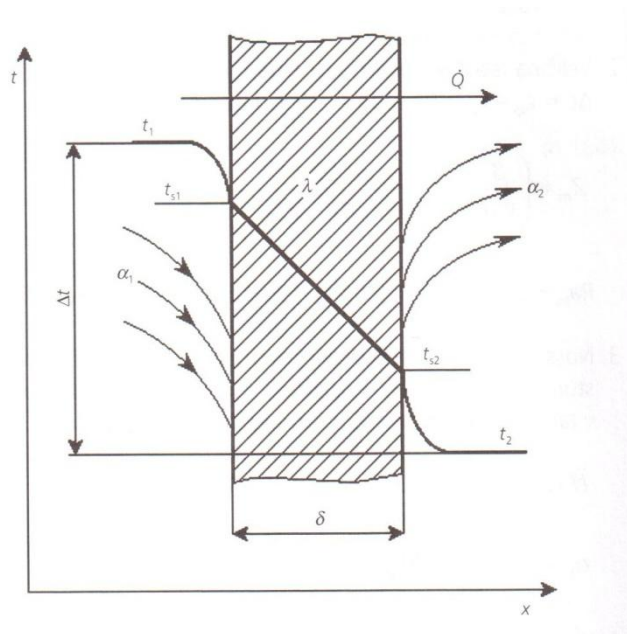
Prostupem tepla rozumíme přenos tepla mezi tekutinami a stěnou, která je odděluje. V klimatizační technice jde především o prostup tepla z vody, páry, případně ze spalín do vzduchu trubkami ohřívače, ze vzduchu do chladicí látky trubkami chladiče, z kondenzujících par chladiva do vzduchu, případně vody trubkami kondenzátoru atd.

Prostup tepla stěnou tvoří tři jednotlivé procesy: přestup tepla z ochlazované tekutiny na povrch stěny => vedení tepla z jednoho povrchu stěny na druhý => přestup tepla z druhého povrchu stěny do ohřívající tekutiny.

1.2.2 Prostup tepla rovinnou stěnou

Při ustáleném prostupu tepla rovinnou stěnou s tepelnou vodivostí λ jsou všechny plochy rovnoběžné s rovinnou stěnou izotermické.

Obrázek 7 - Průběh teploty v tekutinách a v jednoduché rovinné stěně



Tok tepla přecházející z jedné tekutiny do druhé dělicí stěnou se vyjadřuje rovnicí prostupu tepla

$$Q = k * S * (t_1 - t_2) = k * S * \Delta t [W]$$

kde k je součinitel prostupu tepla, který je určen podle vztahu

$$k = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} [W/(m^2 K)]$$

S...plocha stěny [m²]

δ...tloušťka stěny [m]

λ...tepelná vodivost stěny [W/(mK)]

α₁...součinitel přestupu tepla na jednom povrchu stěny [W/(m²K)]

α₂...součinitel přestupu tepla na druhém povrchu stěny [W/(m²K)]

t₁...teplota na jedné straně zdi [°C]

t₂...teplota na druhé straně zdi [°C]

Součinitel prostupu tepla k vyjadřuje množství tepla [J], které projde z jedné tekutiny do druhé jednotkou plochy stěny [m²] za jednotku času [s] při rozdílu teplot tekutin 1K.

Součinitele přestupu tepla α₁ a α₂ zahrnují součinitele přestupu tepla konvekcí α_k a sáláním α_s podle vztahu:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_s$$

Součinitel prostupu tepla rovinnou stěnou složenou z vrstev je:

$$k = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} [W/(m^2 K)]$$

1.2.3 Tepelná ztráta zeminou

U konstrukcí podlah na zemině sledujeme požadavek na minimální součinitel prostupu tepla. Na součinitel prostupu tepla konstrukce nemá vliv pouze tepelná izolace v ploše podlahy, ale například i tepelná izolace základů nebo dokonce i tepelná izolace pod venkovním chodníkem. Správným návrhem lze docílit splnění požadavku normy při optimalizaci nákladů.

Výpočetní postup dle ČSN 06 0210 slouží jako podklad pro dimenzování otopných soustav ústředního vytápění. Základní tepelná ztráta Q je dána prostupem tepla v ustáleném

tepelném stavu stavební konstrukcí ohraničující vytápěnou zónu do venkovního prostředí, resp. v našem případě do zeminy. Vstupní hodnotou výpočtu je teplota zeminy t_{gr} . V normě jsou uvedeny návrhové hodnoty teploty zeminy t_{gr} v závislosti na poloze přilehlé zeminy.

Tabulka 1 - Návrhové hodnoty teploty zeminy t_{gr}

Poloha přilehlé vrstvy zeminy		Teplota přilehlé zeminy t_{gr} ve °C při návrhové teplotě venkovního vzduchu	
		$t_{gr} > -15^{\circ}\text{C}$	$t_{gr} \leq -15^{\circ}\text{C}$
pod podlahou		+5 až +10	+5 až +10
u svislé stěny	do hloubky 1 m	-3	-6
	v hloubce 1 až 2 m	0	-3
	v hloubce 2 až 3 m	+3	0
	v hloubce > 3 m	Jako pod podlahou	

Pro výpočet tepelné ztráty se obvykle teplota v zemině uvažovala stejná v celé ploše podlahy. Obvykle se uvažovala hodnota 5°C . Přitom se přihlíželo k umístění a rozměru stavební konstrukce vůči přilehlé zemině.

Tok tepla přecházející z jedné tekutiny do země podlahou se vyjadřuje rovnicí prostupu tepla

$$Q = k * S * (t_1 - t_{gr}) = k * S * \Delta t [\text{W}]$$

kde k je součinitel prostupu tepla, který je určen podle vztahu

$$k = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} \right)^{-1} [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$$

S ...plocha podlahy [m^2]

δ ...tloušťka podlahy [m]

λ ...tepelná vodivost podlahy [$\text{W}/(\text{mK})$]

α_1 ...součinitel přestupu tepla na povrchu stěny [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]

1.3 Tlustá zeď

Tlustá zeď se skládá z vnitřní vápenné omítky o síle 0,02m se součinitelem prostupu tepla $0,88 [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$, cihel porotherm síly 40cm se součinitelem prostupu tepla $0,15 [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$ a vnější štukové omítky o síle 0,03m se součinitelem prostupu tepla $0,99 [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$.

$$k_T = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_u}{\lambda_u} + \frac{\delta_o}{\lambda_o}} = \frac{1}{0,04 + 0,13 + \frac{0,4}{0,150} + \frac{0,03}{0,99} + \frac{0,02}{0,88}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{k_T = 0,346 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}}}$$

α_e ... součinitel přestupu tepla na vnější straně [$\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$]

α_i ... součinitel přestupu tepla na vnitřní straně [$\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$]

λ_c ... součinitel prostupu cihel [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

λ_u ... součinitel prostupu vnější omítky [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

λ_o ... součinitel prostupu vnitřní omítky [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

δ_o ... tloušťka vnitřní omítky [m]

δ_c ... tloušťka cihel [m]

δ_u ... tloušťka vnější omítky [m]

k_T ... součinitel prostupu tlusté zdi [$\text{W} / \text{m}^2 \text{ K}$]

1.4 Štíhlá zeď

Štíhlá zeď se skládá z vnitřní vápenné omítky o síle 0,02m se součinitelem prostupu tepla 0,88 [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], cihel porotherm síly 30cm se součinitelem prostupu tepla 0,15 [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] a vnitřní vápenné omítky o síle 0,02m se součinitelem prostupu tepla 0,88 [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$].

$$k_S = \frac{1}{\frac{2}{\alpha_i} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + 2 \cdot \frac{\delta_o}{\lambda_o}} = \frac{1}{\frac{2}{8} + \frac{0,3}{0,15} + \frac{2 \cdot 0,02}{0,88}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{k_S = 0,436 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}}}$$

k_Ssoučinitel prostupu štíhlé zdi [$\text{W} / \text{m}^2 \text{ K}$]

1.5 Okna a balkónové dveře

Součinitel prostupu oken a balkónových dveří je uveden ve stavební dokumentaci.

$$k_o = 2,7 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$$

k_o ... součinitel prostupu oken a balkónových dveří [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

1.6 Strop

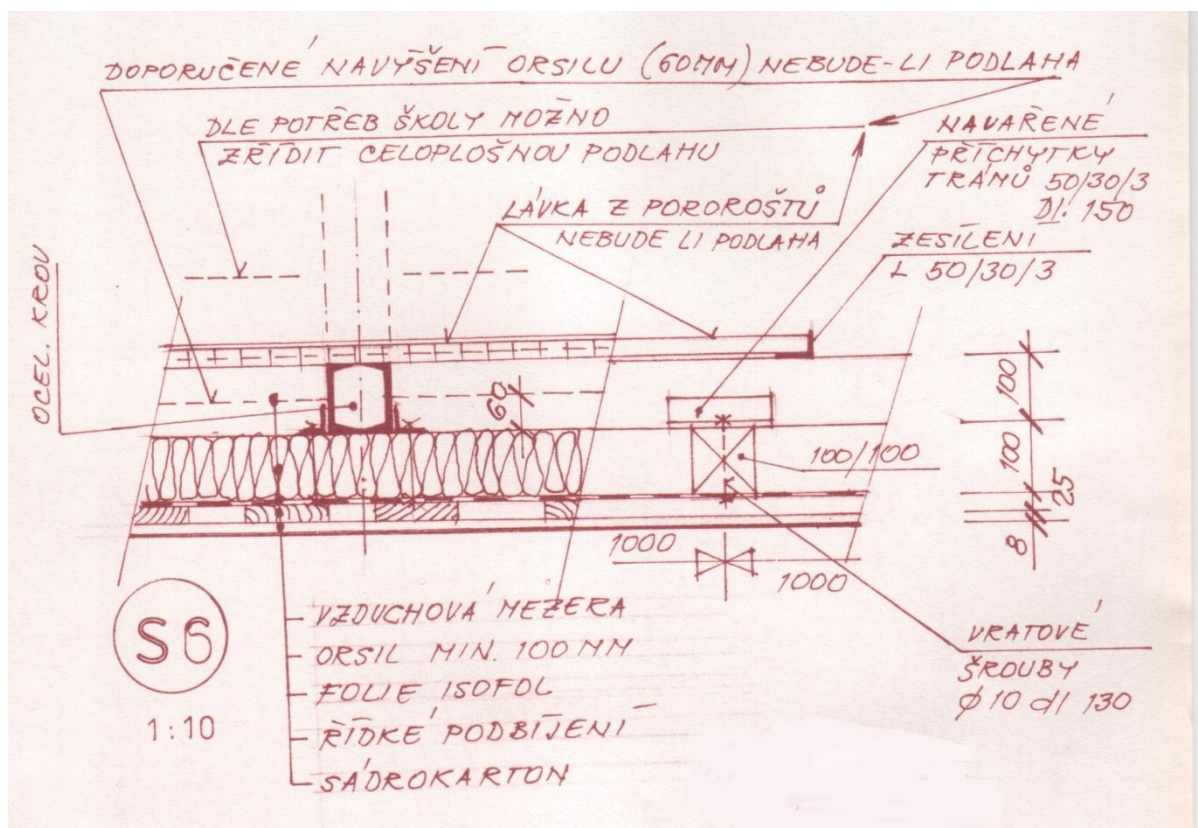


Schéma 2- Konstrukce stropu

Nosným prvkem stropu jsou ocelové krovy o výšce 10 cm. Jsou od sebe vzdáleny 1,5m, tudíž nejsou považovány za tepelnou překážku. K nim jsou připevněny příchytky řídkého podbíjení, do kterého je přišroubován sádrokarton o síle 1,5 cm se součinitelem prostupu tepla 0,22 [W.m⁻¹.K⁻¹]. Nad ním se nachází řídké podbíjení, které je uvažováno jako vzduchová mezera o síle 2,5 cm se součinitelem prostupu tepla 0,259 [W.m⁻¹.K⁻¹]. Na řídké podbíjení je položena tepelná izolace Orsil o síle 16 cm se součinitelem prostupu tepla 0,036 [W.m⁻¹.K⁻¹].

$$k_F = \frac{1}{\frac{2}{\alpha_i} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{\delta_v}{\lambda_v} + \frac{\delta_s}{\lambda_s}} = \frac{1}{\frac{2}{8} + \frac{0,16}{0,036} + \frac{0,025}{0,259} + \frac{0,015}{0,22}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{k_F = 0,196 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}}}$$

λ_s ... součinitel prostupu sádrokartonu [W.m⁻¹.K⁻¹]

λ_v ... součinitel prostupu vzduchové mezery [W.m⁻¹.K⁻¹]

λ_p ... součinitel prostupu tepelné izolace [W.m⁻¹.K⁻¹]

δ_s ... tloušťka sádrokartonu [m]

δ_v ... tloušťka vzduchové mezery [m]

δ_p ... tloušťka minerální tepelné izolace [m]

k_F ... součinitel prostupu stropu [W/m²K]

1.7 Podlaha

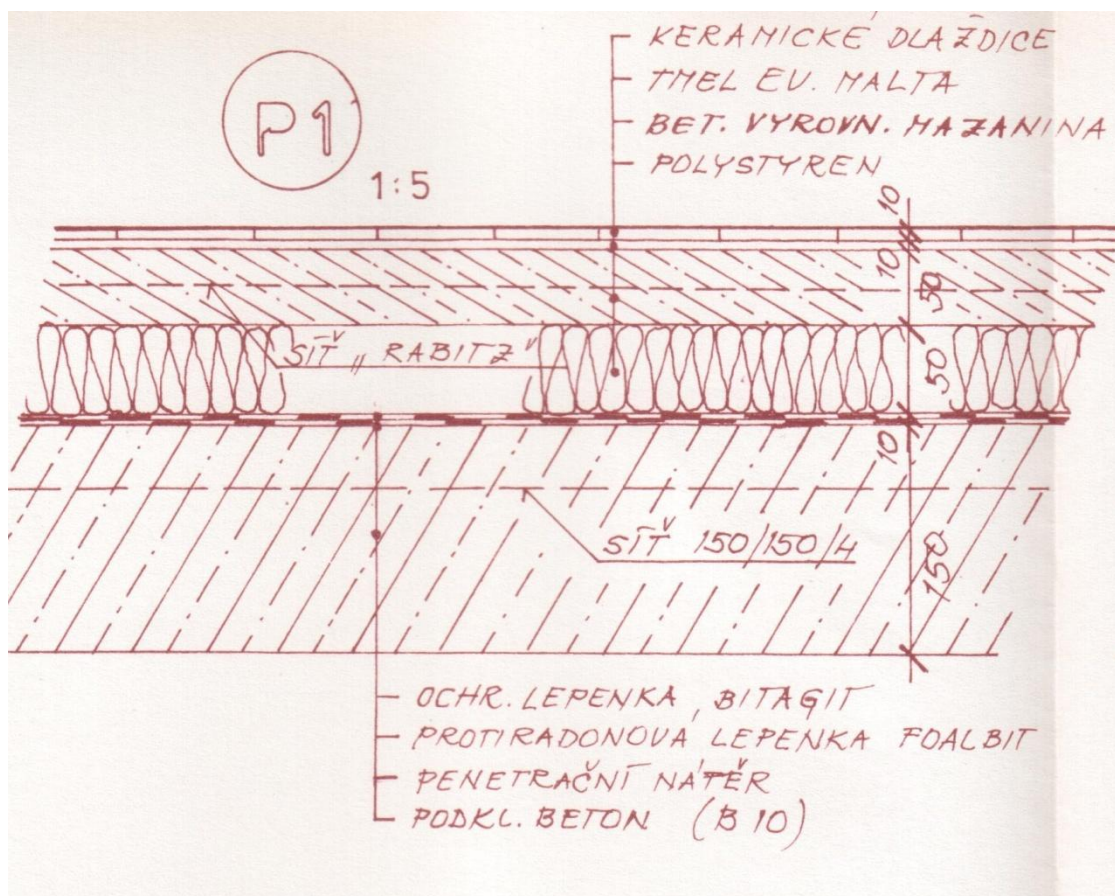


Schéma 3 - Konstrukce podlahy

Podlaha se skládá z keramické dlažby o síle 0,02 cm se součinitelem prostupu tepla 1,01 [W.m⁻¹.K⁻¹]. Pod dlažbou je 5cm betonu se součinitelem prostupu tepla 1,3 [W.m⁻¹.K⁻¹]. Další vrstvou je podlahový polystyren o síle 5cm se součinitelem prostupu tepla 0,04 [W.m⁻¹.K⁻¹]. Pod polystyrenem se nachází 8mm hydroizolace se součinitelem prostupu tepla 0,2 [W.m⁻¹.K⁻¹]. Pod ní je použito 15cm betonu se součinitelem prostupu tepla 1,3 [W.m⁻¹.K⁻¹].

$$k_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_L}{\lambda_L} + \frac{\delta_B}{\lambda_B} + \frac{\delta_D}{\lambda_D} + \frac{\delta_H}{\lambda_H}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,2}{1,3} + \frac{0,02}{1,01} + \frac{0,008}{0,2}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{k_p = 0,58 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}}}$$

δ_L ... tloušťka polystyrenu [m]

δ_B ... tloušťka betonu [m]

δ_D ... tloušťka dlažby [m]

δ_H ... tloušťka hydroizolace [m]

λ_H ... součinitel prostupu hydroizolace [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

λ_D ... součinitel prostupu dlažby [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

λ_B ... součinitel prostupu betonu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

λ_L ... součinitel prostupu polystyrenu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

k_p ... součinitel prostupu podlahy [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

Tabulka 2 - Izolační vlastnosti

Tlustá stěna	k_T	0,346	[$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
Štíhlá stěna	k_s	0,436	[$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
Okna a dveře balkónu	k_o	2,7	[$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
Strop	k_F	0,196	[$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
Podlaha	k_p	0,58	[$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

1.8 Zimní extrém

1.8.1 Nejnižší a nejvyšší výpočtové teploty

I když absolutně nejnižší teploty vzduchu na území České republiky mohou dosáhnout hodnoty až $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, není nutné tuto absolutně extrémní hodnotu považovat za výpočtovou teplotu pro navrhování otopných systémů.

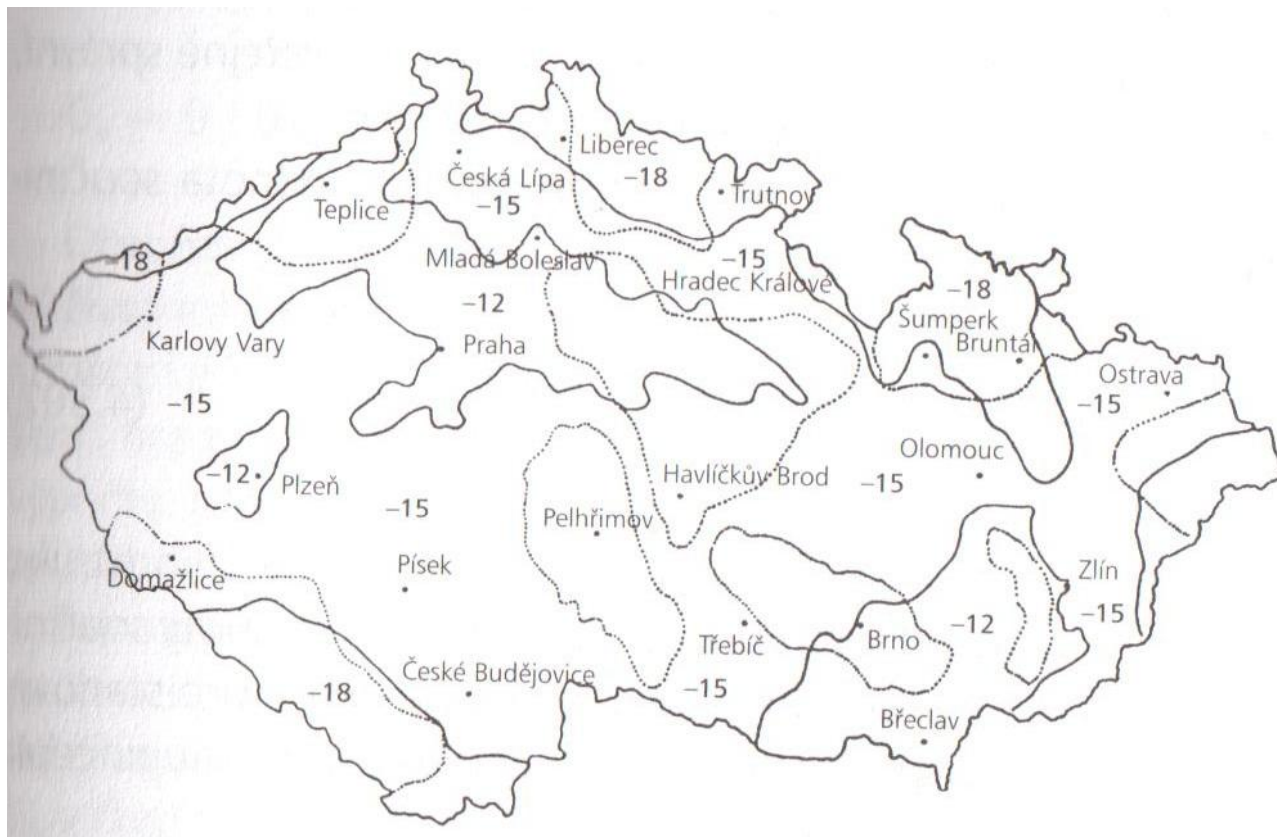
Vzhledem k tepelně akumulční schopnosti obvodových plášťů budov (podle předepsané normy ČSN 73 0540) jsou v ČSN 06 0210 uvedeny jako výpočtové nejnižší teploty vzduchu dlouhodobé průměry z pěti nejchladnějších dní v roce na příslušném území.

Pomocí této metody byly pro Českou republiku určeny tři oblasti minimálních venkovních teplot vzduchu: -12 , -15 a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (viz. obrázek 8).

Pro okresní města jsou výpočtové nejnižší teploty uvedeny v ČSN 06 0210.

Nejnižší výpočtové teploty slouží k dimenzování zařízení, jako jsou kotle, otopná tělesa, vzduchovody atd. Při návrhu vzduchotechnických zařízení pro zimní provoz se výpočtové teploty externího vzduchu snižují v porovnání s oblastními teplotami dle ČSN 06 0210 o 3 až 5 K.

Obrázek 8 - Mapa teplotních oblastí ČR v zimním období



Venkovní výpočtová teplota v zimním období t_e se určí pro místo budovy v závislosti na zeměpisné poloze podle mapy oblastí nejnižších venkovních teplot – viz.obrázek 8. Tečkovanými čarami jsou ohraničeny krajiny s intenzivními větry. Výpočtovou oblastní teplotu je nutné zvýšit, je-li objekt ve vyšší nadmořské výšce než je uvedeno v tabulce – viz.tabulka 3.

Tabulka 3 - Zvětšení oblastní teploty t_e ČR v zimním období s ohledem na nadmořskou výšku

Nadmořská výška	Výpočtová oblast (°C)	t_e (°C)
nad 400 m n. m.	-12	-15
nad 600 m n. m.	-15	-18
nad 800 m n. m.	-18	-21

1.9 Ztráty učeben a kabinetů

- ztráty okny do atrie:

Na stěně se nachází 38 oken o rozměrech 1,8*2,32m a 4 balkónové dveře o rozměrech 1,8*2,95m.

$$S_{OA} = 38 * 1,8 * 2,32 + 4 * 1,8 * 2,95$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{S_{OA} = 174,6m^2}}$$

$$Q_{OA} = S_{OA} \cdot k_O \cdot (t_i - t_e) = 174,6 * 2,7 * (20 - (-18))$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{OA} = 17,91kW}}$$

- ztráty stěnami do atrie:

$$S_{TA} = 48,15 * 11,29 - S_{OA} = 48,15 * 11,29 - 174,6$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{S_{TA} = 369m^2}}$$

$$Q_{TA} = S_{TA} \cdot k_T \cdot (t_i - t_e) = 369 * 0,346 \cdot (20 - (-18))$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{TA} = 4,85kW}}$$

- ztráty slabými stěnami do chodeb okolních budov:

$$S_S = 9,6 * 11,29$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{S_S = 108,38m^2}}$$

$$Q_{Sch} = S_s \cdot k_s \cdot (t_i - t_e) = 108,38 \cdot 0,436 \cdot (20 - 15)$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{Sch} = 0,24 kW}}$$

- ztráty stěnami (vyrovnávajícími převýšení terénu) na půdu:

$$S_{TPU} = 6 \cdot 0,16 \cdot 6,6 \cdot 4$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{S_{TPU} = 25,3 m^2}}$$

$$Q_{TPU} = S_{TPU} \cdot k_T \cdot (t_i - t_e) = 25,3 \cdot 0,346 \cdot (20 - (-12))$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{TPU} = 0,28 kW}}$$

- ztráty stěnami (vyrovnávajícími převýšení terénu) do země:

$$S_{PZU} = 6 \cdot 0,16 \cdot 6,6 \cdot 4$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{S_{PZU} = 25,3 m^2}}$$

$$Q_{PZU} = S_{PZU} \cdot k_P \cdot (t_i - t_e) = 25,3 \cdot 0,58 \cdot (20 - 5)$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{PZU} = 0,22 kW}}$$

- ztráty stropem nad učebnami a kabinety:

$$S_{FU} = 46,15 \cdot 6,6 \Rightarrow \underline{\underline{S_{FU} = 304,59 m^2}}$$

$$Q_{FU} = S_{FU} \cdot k_F \cdot (t_i - t_e) = 304,59 \cdot 0,195 \cdot (20 - (-12))$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{FU} = 1,9 kW}}$$

- ztráty podlahou pod učebnami a kabinety:

$$S_{PU} = 46,15 \cdot 6,6 \Rightarrow \underline{\underline{S_{PU} = 304,59 m^2}}$$

$$Q_{PU} = S_{PU} \cdot k_P \cdot (t_i - t_e) = 304,59 \cdot 0,58(20 - 5)$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{PU} = 2,65 kW}}$$

1.10 Ztráty větráním

Na jednoho žáka je třeba vyvětrat 20 – 30 m³/hod.

V budově se pohybuje okolo 160 žáků.

$$V = 150 \cdot 20 \Rightarrow \underline{\underline{V = 3000 m^3}}$$

$$Q_{ZV} = \frac{1300 \cdot V \cdot \Delta t}{3600} = \frac{1300 \cdot 3000 \cdot 38}{3600} \Rightarrow \underline{\underline{Q_{ZV} = 41,17 kW}}$$

V...objem vzduchu potřebný k vyvětrání [m³]

Q_{ZV}...tepelná ztráta větráním [kW]

1.11. Ztráty chodeb

- ztráty okny chodeb:

$$S_{OCh} = 36 \cdot 1,2 \cdot 2,32$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{S_{OCh} = 100,22 m^2}}$$

$$Q_{OCh} = S_{OCh} \cdot k_O \cdot (t_i - t_e) = 100,22 \cdot 2,7 \cdot (15 - (-18))$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{OCh} = 8,93 kW}}$$

- ztráty stěnami chodeb:

$$S_{TCh} = 54,15 \cdot 11,29 - S_{OCh} = 54,15 \cdot 11,29 - 100,22$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{S_{TCh} = 511,13 m^2}}$$

$$Q_{TCh} = S_{TCh} \cdot k_T \cdot (t_i - t_e) = 511,13 \cdot 0,346 \cdot (15 - (-18))$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{TCh} = 5,84 kW}}$$

- ztráty stěnami (vyrovnávajícími převýšení terénu) na půdu:

$$S_{TPCh} = 6 \cdot 0,16 \cdot 2,8 \cdot 4$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{S_{TPCh} = 10,75 m^2}}$$

$$Q_{TPCh} = S_{TPCh} \cdot k_T \cdot (t_i - t_e) = 10,75 \cdot 0,346 \cdot (15 - (-12))$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{TPCh} = 0,1kW}}$$

- ztráty schody (vyrovnávajícími převýšení terénu) do země:

$$S_{Sch} = 6 \cdot 0,16 \cdot 2,8 \cdot 4$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{S_{Sch} = 10,75m^2}}$$

$$Q_{Sch} = S_{Sch} \cdot k_P \cdot (t_i - t_e) = 10,75 \cdot 0,58 \cdot (15 - 5)$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{Sch} = 0,06kW}}$$

- ztráty stropem nad chodbami:

$$S_{FCh} = 46,15 \cdot 2,7 \Rightarrow \underline{\underline{S_{FCh} = 124,6m^2}}$$

$$Q_{FCh} = S_{FCh} \cdot k_F \cdot (t_i - t_e) = 124,6 \cdot 0,195 \cdot (15 - (-12))$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{FCh} = 0,66kW}}$$

- ztráty podlahou pod chodbami:

$$S_{PCh} = 46,15 \cdot 2,7 \Rightarrow \underline{\underline{S_{PCh} = 124,6m^2}}$$

$$Q_{PCh} = S_{PCh} \cdot k_P \cdot (t_i - t_e) = 124,6 \cdot 0,58 \cdot (15 - 5)$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{Q_{PCh} = 0,72kW}}$$

Ztráty celé budovy se rovnají součtu všech ztrát

$$Q = 17,91 + 4,85 + 0,24 + 0,28 + 0,22 + 1,9 + 2,65 + 43,91 + 8,93 + 5,84 + 0,1 + 0,06 + 0,66 + 0,72 = 85,53 \text{ kW}$$

$$\mathbf{Q = 85,53kW}$$

2. Porovnání tepelné ztráty s technickou zprávou:

2.1 Úvod technické zprávy

Tento projekt řeší vytápění objektu „C“ přístavby Základní školy v Českém Dubu. Podkladem pro vypracování projektu vytápění byl projekt pro stavební povolení, projekt stavební části, projekt ostatních profesí a údaje od generálního projektanta.

2.2 Bilance tepla technické zprávy

Tento objekt leží v krajině s intenzivními větry s polohou nechráněnou. Venkovní výpočtová teplota je $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ dle ČSN 06 0210 byly výpočtem zjištěny tyto tepelné ztráty:

Obestavěný prostor	V_o :	7348 [m ³]
Průměrná teplota	t_{iprum} :	19,6 [°C]
Celkový vytápěný objem	V_c :	4195 [m ³]
Celková vytápěná plocha	P_l :	1208 [m ²]
Celková tepelná ztráta	Q_c :	80980 [W]
Tepelná charakteristika budovy	q_b :	0.56 [W/m ³ .K]
Roční spotřeba energie	Q_r :	151,35 [MWh/rok]

V projektu byla plánována spotřeba plynu 351900 m³/rok pro celý školní komplex včetně tělocvičny, školní družiny a jídelny. Výhřevnost zemního plynu je 33,48 MJ/m³, což odpovídá 9,3 kWh/m³. Výhřevnost je udávána bez latentního tepla. Tudíž plánovaná spotřeba tepla byla 11781612 MJ/rok, to je 3272670 kWh/rok. Při průměrné roční spotřebě 116760,75 m³ se ve škole spotřebuje 3909149,91 MJ tepla, což odpovídá 1085874,98 kWh.

Porovnáním plánované spotřeby vidíme, že je trojnásobná oproti reálné pro celý školní komplex.

Tepelné ztráty celého komplexu byly vypočteny na 1080kWh. Celkové tepelné ztráty objektu C byly vypočteny podle technické zprávy na 80,98 kWh (podle mých výpočtů vypočtená tepelná ztráta budovy C přibližně odpovídá), což tvoří 7,5% tepelných ztrát. Tudíž by měla spotřeba plynu činit 26392,5 m³ zemního plynu. To je 883620,9 MJ/rok a 245,45 MWh/rok. Přitom v technické zprávě pro budovu C byla plánovaná spotřeba tepla 151,35 MWh/rok. Hodnota vypočítaná poměrným způsobem ze spotřeby celého komplexu je 1,6 krát větší, než hodnota z technické zprávy pro budovu C.

Pokud se vypočte poměrným způsobem reálná spotřeba pro budovu C, tak vyjde 8757 m³/rok, to se rovná 293186,2 MJ/rok a 81440,6 kWh/rok. Pokud se tato hodnota

porovná s plánovanou roční spotřebou tepla z technické zprávy pro budovu C, tak je přibližně poloviční.

Z výše uvedených údajů vyplývá, že je kotelna předimenzovaná. Jedním z důvodů je, že v tělocvičně byl plánován bazén, který by měl další spotřebu tepla na ohřev vody, ale záměr realizován nebyl. Dále se ztráty počítaly pro venkovní výpočtovou teplotu zimního extrému -18°C . Přitom se škola nachází v nadmořské výšce cca 325 mn.m., pro kterou by podle tabulky 3 odpovídala teplota -12°C . Podle mapy na obrázku 8 je Český Dub v pásmu výpočtové teploty zimního extrému -15 , ale protože je zde údajně větrná oblast, je teplota ponížena na -18°C . Provozní údaje ukazují, že tato hodnota neodpovídá skutečnosti. Také pouze dvě stěny školní budovy jsou postaveny do volného prostranství. Zbytek je chráněn okolní zástavbou. Pokud bychom se řídili tabulkou 8, tak by se ztráty počítaly pro teplotu zimního extrému -12°C popřípadě -15°C .

3. Energetická náročnost budovy

Energetickou náročnost budovy z pohledu celkové dodané energie, tzn. energie spotřebované, ovlivňují všechny systémy podílející se na spotřebě a výrobě energie. Princip výpočtu respektuje základní schéma toku energie, kdy dodaná energie je transformována ve zdroji energetického systému, výstup energie ze zdroje je dodáván do distribučního systému budovy a distribuční systém předává energii do jednotlivých systémů sdílení energie v různých zónách budovy.

Základním hodnotícím ukazatelem hodnocení ENB je celková roční dodaná energie, která je chápána jako množství energie dodané do budovy. Celková dodaná energie představuje spotřebu energie pro vytápění, chlazení, vzduchotechniku, přípravu teplé vody, osvětlení, provoz zařízení zajišťující provoz jednotlivých systémů.

Jde o souhrn energetických spotřeb vč. účinností technických zařízení a ztrát při transportu a potřeby energie na provoz zařízení. Hodnocení budov v ČR je prováděno podle vyhlášky č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov pomocí tzv. bilančního hodnocení, což je výpočet energií po jednotlivých časových úsecích ročního provozu (měsíc, den, hodina). Energetická náročnost budovy se stanoví výpočtovou metodou z návrhových veličin – vhodné pro účely vstupního hodnocení (nové budovy i poprvé hodnocené stávající budovy).

Vypočtená celková dodaná energie pro potřeby bilančního hodnocení budov je proto závislá na okrajových podmínkách, které upravují možnost srovnání různých budov stejného typu za stejných výchozích podmínek, za předpokladu správného provozu objektu a správné funkce všech subsystémů objektu. Hodnocení probíhá na principu porovnání dosaženého srovnávacího údaje s hodnotou referenční vzhledem ke srovnávacímu údaji. Údaj, který je v současné době používán jako referenční hodnota, je měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/m²rok]

Tabulka 4- Klasifikační třídy EN podle vyhlášky 148/2007 Sb., hodnoty jsou uvedeny v kWh/m2

Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98 - 142	143 - 191	192 - 240	241 - 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 - 120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní budova	< 62	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Budova pro vzdělávání	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Budova pro velkoobchod a maloobchod	< 67	67 - 121	122 - 183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

Pro hodnocení byla vybrána budova C. Celková vytápěná plocha je 1208m². Podle technické zprávy by měla být spotřeba tepla 151,35 MWh/rok. Což odpovídá spotřebě 125,3 kWh/m2rok. Tato hodnota zařazuje budovu do kategorie C. Pokud se vypočte poměrným způsobem reálná spotřeba plynu pro budovu C, tak vyjde 8757m³/rok, to se rovná 81440,6 kWh/rok. Což odpovídá spotřebě 67,42 kWh/m2rok. Tato hodnota zařazuje budovu do kategorie B.

Ve skutečnosti je spotřeba energie na m² za rok větší, protože do hodnocení by se měla započítat i spotřeba elektřiny. Jelikož budova C nemá vlastní měřicí zařízení pro odběr elektrického proudu, tyto hodnoty neznáme.

4. Provozní údaje

4.1 Provozní deník

V provozním deníku kotelny jsou obsažena data od 26.4.2007 do 25.3.2009.

Tabulka 5 - Provozní deník

datum	začátek zátoku hod.	konec zátoku hod.	teplota venkovního vzduchu 7:00	teplota vody °C	spotřeba paliva
26.4.	5:00	16:00	9	60	164
27.4.	5:00	16:00	10	60	105
30.4.	5:00	16:00	6	60	191
2.5.	5:00	16:00	0	60	94
3.5.	5:00	16:00	2	60	263
4.5.	5:00	16:00	5	60	100

9.5.	5:00	16:00	10	60	174
10.5.	5:00	16:00	9	60	243
11.5.	5:00	16:00	11	60	334
14.5.	5:00	16:00	15	60	173
15.5.	5:00	16:00	14	60	64
16.5.	5:00	16:00	11	60	110
17.5.	5:00	16:00	10	60	93
18.5.	5:00	16:00	2	60	108
21.5.	5:00	16:00	15	60	91
22.5.	5:00	16:00	15	60	88
23.5.	5:00	16:00	19	60	82
24.5.	5:00	16:00	15	60	87
25.5.	5:00	16:00	16	60	96
28.5.	5:00	16:00	17	60	82
29.5.	5:00	16:00	18	60	83
30.5.	5:00	16:00	13	60	85
31.5.	5:00	16:00	7	60	92
1.6.	5:00	16:00	8	60	99
4.6.	5:00	16:00	16	60	84
5.6.	5:00	16:00	14	60	90
6.6.	5:00	16:00	16	60	84
7.6.	5:00	16:00	16	60	90
8.6.	5:00	16:00	16	60	75
11.6.	5:00	16:00	17	60	82
12.6.	5:00	16:00	17	60	83
13.6.	5:00	16:00	19	60	75
14.6.	5:00	16:00	18	60	83
15.6.	5:00	16:00	18	60	84
18.6.	5:00	16:00	16	60	74
19.6.	5:00	16:00	16	60	89
20.6.	5:00	16:00	17	60	90
21.6.	5:00	16:00	21	60	83
22.6.	5:00	16:00	18	60	78
25.6.	5:00	16:00	15	60	92
26.6.	5:00	16:00	16	60	83
27.6.	5:00	16:00	13	60	88
28.6.	5:00	16:00	11	60	88
29.6.	5:00	16:00	12	60	86
2.7.	5:00	14:00	17	60	81
3.7.	5:00	14:00	17	60	71
4.7.	5:00	14:00	16	60	71
9.7.	5:00	14:00	15	60	126
10.7.	5:00	14:00	14	60	70
11.7.	5:00	14:00	11	60	68
12.7.	5:00	14:00	12	60	70

13.7.	5:00	14:00	13	60	69
16.7.	5:00	14:00	20	60	76
17.7.	5:00	14:00	21	60	65
18.7.	5:00	14:00	23	60	61
19.7.	5:00	14:00	19	60	61
20.7.	5:00	14:00	21	60	71
23.7.	5:00	14:00	15	60	53
24.7.	5:00	14:00	20	60	54
25.7.	5:00	14:00	16	60	54
26.7.	5:00	13:00	13	60	53
27.7.	5:00	13:00	16	60	54
30.7.	5:00	13:00	14	60	61
31.7.	5:00	13:00	13	60	69
4.8.	5:00	13:00	12	60	164
6.8.	5:00	13:00	14	60	62
8.8.	5:00	13:00	16	60	116
10.8.	5:00	13:00	15	60	99
13.8.	5:00	13:00	17	60	77
15.8.	5:00	13:00	16	60	115
16.8.	5:00	13:00	14	60	39
18.8.	5:00	13:00	16	60	125
21.8.	5:00	13:00	17	60	52
22.8.	5:00	13:00	16	60	61
23.8.	5:00	13:00	15	60	66
24.8.	5:00	13:00	18	60	52
27.8.	5:00	13:00	17	60	69
28.8.	5:00	13:00	13	60	61
29.8.	5:00	13:00	10	60	67
30.8.	5:00	13:00	9	60	61
31.8.	5:00	13:00	12	60	58
3.9.	5:00	15:00	13	60	73
4.9.	5:00	15:00	9	60	71
5.9.	5:00	15:00	8	60	74
6.9.	5:00	15:00	9	60	90
7.9.	5:00	15:00	11	60	174
10.9.	5:00	15:00	11	60	228
11.9.	5:00	15:00	10	60	219
12.9.	5:00	15:00	12	60	225
13.9.	5:00	15:00	12	60	207
14.9.	5:00	15:00	6	60	211
17.9.	5:00	15:00	8	60	280
18.9.	5:00	15:00	11	60	120
19.9.	5:00	15:00	7	60	181
20.9.	5:00	15:00	2	60	243
21.9.	5:00	15:00	6	60	248

24.9.	5:00	15:00	8	60	179
25.9.	5:00	15:00	8	60	180
26.9.	5:00	15:00	9	60	225
27.9.	5:00	15:00	10	60	262
1.10.	5:00	19:00	6	60	281
2.10.	5:00	19:00	10	60	269
3.10.	5:00	19:00	10	60	273
4.10.	5:00	19:00	11	60	310
5.10.	5:00	19:00	13	60	266
8.10.	5:00	19:00	8	60	278
9.10.	5:00	19:00	8	60	334
10.10.	5:00	19:00	7	60	326
11.10.	5:00	19:00	4	60	385
12.10.	5:00	19:00	5	60	385
15.10.	5:00	19:00	1	60	593
16.10.	5:00	20:00	2	60	480
17.10.	5:00	20:00	4	60	409
18.10.	5:00	20:00	8	60	387
19.10.	5:00	20:00	5	60	391
22.10.	5:00	20:00	0	60	855
23.10.	5:00	20:00	3	60	531
24.10.	5:00	20:00	4	60	616
29.10.	5:00	20:00	7	60	1175
30.10.	5:00	20:00	8	60	548
31.10.	5:00	20:00	7	60	494
1.11.	5:00	20:00	2	60	535
2.11.	5:00	20:00	8	60	483
5.11.	5:00	20:00	5	60	579
6.11.			2	60	590
7.11.			3	60	584
8.11.			4	60	574
9.11.			6	60	520
12.11.			0	60	1132
13.11.			0	60	628
14.11.			1	60	687
15.11.			0	60	687
16.11.			-2	60	721
19.11.			-1	60	1479
20.11.			1	60	685
21.11.			1	60	730
22.11.			1	60	754
23.11.			3	60	711
26.11.			0	60	1089
27.11.			-1	60	819
28.11.			-3	60	762

29.11.			-4	60	806
30.11.			-1	60	802
3.12.			4	60	1240
4.12.			3	60	641
5.12.			2	60	298
6.12.			4	60	647
7.12.			6	60	696
10.12.			3	60	1029
11.12.			3	60	679
12.12.			4	60	662
13.12.			2	60	658
14.12.			1	60	699
17.12.			-3	60	1514
18.12.			-2	60	819
19.12.			-7	63	815
20.12.			-3	63	856
21.12.			-3	63	745
28.12.			-1	60	4239
31.12.			0	60	1705
2.1.2008			-4	60	979
4.1.			-3	60	1434
7.1.			-2	63	1854
8.1.			1	63	897
9.1.			-5	63	871
10.1.			1	63	847
11.1.			0	65	802
14.1.			-1	65	1490
15.1.			2	65	779
16.1.			2	65	783
17.1.			3	65	752
18.1.			3	65	698
21.1.			8	65	780
22.1.			7	65	686
23.1.			-2	65	742
24.1.			3	65	738
25.1.			3	65	678
28.1.			1	65	1108
29.1.			4	65	733
30.1.			3	65	688
31.1.			3	65	732
4.2.			1	65	1755
5.2.			2	65	718
6.2.			5	65	690
7.2.			4	65	647
8.2.			1	65	674

11.2.			-1	65	1100
12.2.			1	65	732
13.2.			-1	65	688
14.2.			2	65	747
15.2.			-1	65	788
18.2.			-2	65	1563
19.2.			2	65	782
20.2.			1	65	711
21.2.			3	65	674
22.2.			4	65	630
25.2.			1	65	826
26.2.			4	65	630
27.2.			7	65	550
28.2.			4	65	550
29.2.			4	65	581
3.3.			5	65	830
4.3.			1	65	6337
5.3.			1	65	669
6.3.			-3	65	760
7.3.			2	65	689
10.3.			1	65	953
11.3.			3	65	457
13.3.			4	65	794
14.3.			3	65	446
17.3.			5	65	759
18.3.			1	65	716
19.3.			-2	65	814
20.3.			-1	65	712
21.3.			1	65	515
25.3.			-1	65	1461
26.3.			0	65	805
27.3.			-1	65	764
28.3.			1	65	680
31.3.	4:00	20:00	6	65	734
1.4.	4:00	20:00	9	65	528
2.4.	4:00	20:00	8	65	554
3.4.	4:00	20:00	6	65	470
4.4.	4:00	20:00	6	65	794
7.4.	6:00		3	65	742
8.4.			2	65	636
9.4.		20:00	4	65	598
10.4.	4:00	20:00	7	65	496
11.4.	4:00	20:00	10	65	335
14.4.	4:00	20:00	4	65	550
15.4.	4:00	20:00	9	65	401

16.4.	4:00	20:00	6	65	385
17.4.	4:00	20:00	4	65	445
18.4.	4:00	20:00	2	65	411
21.4.			3	65	571
22.4.	4:00	20:00	10	65	355
23.4.	4:00	20:00	7	65	393
24.4.	4:00	20:00	5	65	341
25.4.	4:00	18:00	7	65	296
28.4.	4:00	18:00	7	65	475
29.4.	4:00	18:00	9	65	228
30.4.	4:00	18:00	12	65	205
2.5.	4:00	18:00	7	65	216
5.5.	4:00	18:00	11	65	116
6.5.	4:00	18:00	12	65	196
7.5.	4:00	18:00	7	65	198
12.5.	5:00	18:00	10	65	274
13.5.	5:00	18:00	11	65	95
14.5.	5:00	18:00	12	60	91
15.5.	5:00	18:00	11	60	93
16.5.	5:00	18:00	13	60	83
19.5.	5:00	18:00	12	60	104
20.5.	5:00	18:00	7	60	93
21.5.	5:00	18:00	10	60	96
22.5.	5:00	18:00	10	60	192
23.5.	5:00	18:00	12	60	178
26.5.	5:00	18:00	11	60	184
27.5.	5:00	18:00	13	60	96
28.5.	5:00	18:00	15	60	95
29.5.	5:00	18:00	16	60	96
30.5.	5:00	18:00	17	60	91
2.6.	5:00	18:00	18	60	106
3.6.	5:00	18:00	19	60	85
4.6.	5:00	18:00	20	60	89
5.6.	5:00	18:00	15	60	90
6.6.	5:00	18:00	13	60	88
9.6.	5:00	18:00	15	60	97
10.6.	5:00	18:00	15	60	90
11.6.	5:00	18:00	19	60	84
12.6.	5:00	18:00	14	60	89
13.6.	5:00	18:00	14	60	96
16.6.	5:00	18:00	12	60	106
17.6.	5:00	18:00	10	60	96
18.6.	5:00	18:00	13	60	89
19.6.	5:00	18:00	14	60	91
20.6.	5:00	18:00	16	60	90

23.6.	5:00	18:00	20	60	100
24.6.	5:00	18:00	19	60	89
25.6.	5:00	18:00	17	60	89
26.6.	5:00	18:00	19	60	70
27.6.	5:00	15:00	16	60	99
30.6.	5:00	14:00	17	60	152
1.7.	5:00	14:00	15	60	68
2.7.	5:00	14:00	16	60	72
4.7.	5:00	14:00	21	60	120
7.7.	5:00	14:00	20	60	79
8.7.	5:00	14:00	15	60	74
9.7.	5:00	14:00	14	60	74
10.7.	5:00	14:00	14	60	73
11.7.	5:00	14:00	14	60	76
14.7.	5:00	14:00	14	60	73
15.7.	5:00	14:00	15	60	70
16.7.	5:00	14:00	18	60	77
17.7.	5:00	14:00	16	60	64
18.7.	5:00	14:00	14	60	66
22.7.	5:00	14:00	12	60	156
28.7.	5:00	14:00	18	60	288
8.8.	5:00	14:00	20	60	483
11.8.	5:00	14:00	17	60	48
12.8.	5:00	14:00	19	60	68
13.8.	5:00	14:00	19	60	67
14.8.	5:00	14:00	14	60	70
15.8.	5:00	14:00	19	60	64
18.8.	5:00	14:00	11	60	143
19.8.	5:00	14:00	14	60	67
20.8.	5:00	14:00	19	60	65
21.8.	5:00	14:00	14	60	66
22.8.	5:00	14:00	14	60	70
25.8.	5:00	14:00	10	60	77
26.8.	5:00	14:00	14	60	75
27.8.	5:00	14:00	12	60	50
28.8.	5:00	14:00	14	60	87
29.9.	5:00	14:00	15	60	67
1.9.	5:00	15:00	11	60	117
2.9.	5:00	15:00	15	60	67
3.9.	5:00	15:00	14	60	78
4.9.	5:00	15:00	18	60	75
5.9.	5:00	15:00	16	60	82
8.9.	5:00	15:00	16	60	114
9.9.	5:00	20:00	12	60	86
10.9.	5:00	20:00	11	60	92

11.9.	5:00	20:00	16	60	83
12.9.	5:00	20:00	13	60	82
15.9.	5:00	20:00	10	60	87
16.9.	5:00	20:00	7	60	118
17.9.	5:00	20:00	7	60	234
18.9.	5:00	20:00	7	60	265
19.9.	5:00	20:00	5	60	284
22.9.	5:00	20:00	8	60	336
23.9.	5:00	20:00	7	60	268
24.9.	5:00	20:00	8	60	268
25.9.	5:00	20:00	10	60	243
26.9.	5:00	20:00	6	60	262
29.9.	5:00	20:00	6	60	264
30.9.	5:00	20:00	9	60	271
1.10.	5:00	20:00	10	60	251
2.10.	5:00	20:00	11	60	317
3.10.	5:00	20:00	7	60	351
6.10.	5:00	20:00	9	60	489
7.10.	5:00	20:00	10	60	350
8.10.	5:00	20:00	9	60	376
9.10.	5:00	20:00	7	60	362
10.10.	5:00	20:00	11	60	327
13.10.	5:00	20:00	8	60	474
14.10.	5:00	20:00	8	60	347
15.10.	5:00	20:00	9	60	335
16.10.	5:00	20:00	11	60	346
17.10.	5:00	20:00	8	60	365
20.10.	5:00	20:00	4	60	572
21.10.	5:00	20:00	4	60	405
22.10.	5:00	20:00	10	60	355
23.10.	5:00	20:00	6	60	369
24.10.	5:00	20:00	2	60	454
27.10.	5:00	14:00	4	60	808
29.10.	5:00	14:00	6	60	300
3.11.	5:00	20:00	11	60	1029
4.11.	5:00	20:00	8	60	433
5.11.	5:00	20:00	11	60	434
6.11.	5:00	20:00	7	60	400
7.11.	5:00	20:00	12	60	424
10.11.	5:00	20:00	8	60	493
11.11.	5:00	20:00	8	60	432
12.11.	5:00	20:00	7	60	470
13.11.	5:00	20:00	6	60	464
14.11.	5:00	20:00	0	60	508
18.11.	5:00	20:00	-2	60	1002

19.11.	5:00	20:00	1	60	730
20.11.	5:00	20:00	5	60	599
21.11.	5:00	20:00	3	60	584
24.11.			-2	65	1375
25.11.			-2	65	757
26.11.			0	65	765
27.11.			2	65	964
28.11.			0	65	705
1.12.			3	65	1363
2.12.			3	65	571
3.12.			0	65	666
4.12.			0	65	621
5.12.			1	65	636
8.12.			2	65	1047
9.12.			1	65	643
10.12.			0	65	829
11.12.			2	65	735
12.12.			3	65	662
15.12.			4	65	1134
16.12.			5	65	626
17.12.			6	65	682
18.12.			4	65	570
19.12.			3	65	672
28.12.			-4	55	3117
31.12.			-4	55	1732
4.1			-2	65	2368
5.1.			-2	65	950
6.1.			-10	70	1158
7.1.			-10	70	1161
8.1.			-5	70	1111
9.1.			-6	70	707
12.1.			-10	70	2201
13.1.			-6	70	1098
14.1.			-7	70	1074
15.1.			-4	70	1023
16.1.			-2	70	919
19.1.			0	70	1799
20.1.			1	70	812
21.1.			1	70	782
22.1.			2	70	778
23.1.			0	70	776
26.1.			-3	70	1443
27.1.			0	70	839
28.1.			0	70	794
29.1.			-1	70	810

30.1.			-1	70	757
2.2.			0	70	1437
3.2.			2	70	822
4.2.			2	70	77
5.2.			1	70	765
6.2.			1	70	749
9.2.			-2	70	1164
10.2.			-1	70	881
11.2.			1	70	816
12.2.			-2	70	815
13.2.			-2	70	797
16.2.			-2	68	1644
17.2.			-1	68	594
18.2.			-2	68	631
19.2.			-3	68	712
22.2.			1	68	2233
24.2.			0	68	797
25.2.			1	68	740
26.2.			2	68	658
27.2.			2	68	721
2.3.			3	68	1014
3.3.			3	68	648
4.3.			4	68	650
5.3.			6	68	596
6.3.			6	68	544
9.3.			4	68	810
10.3.			3	65	651
11.3.			3	65	652
12.3.			3	65	648
13.3.			3	65	609
16.3.			5	65	625
17.3.			3	65	646
18.3.			2	65	609
19.3.			2	65	609
20.3.			-1	65	647
23.3.			3	65	1158
24.3.			2	65	651
25.3.			-7	65	749

V provozním deníku kotelny jsou obsažena data od 26.4.2007 do 25.3.2009. Data udávají čas zátoku, konec zátoku, teplotu venkovního vzduchu v 7 hodin ráno, teplotu vody v primárním okruhu a spotřebu paliva za uvedené období. Ve dnech, kde nejsou uvedeny časy začátku a konce zátoku, topil kotel nepřetržitě.

4.2 Spotřeba plynu

Tabulka 6 - Spotřeba plynu

období	m ³
26.4.2007 - 25.4.2008	119162
1.9.2007 - 31.8.2008	120205
1.1.2008-31.1.2008	113383
26.3.2008-25.3.2009	114293
průměr	116760,75

4.3 Popis regulační smyček

Popis je podle technické zprávy.

Rs-1

Regulační smyčka zajišťuje ekvitermní řízení kaskády kotlů podle venkovní teploty a nastavené topné křivky a dále vytápění prostoru kotelny.

Ekvitermní křivka se nastavuje výš, než ekvitermní křivky na topných větvích cca o 10 °C.

Při požadavku na TUV se zvýší teplota primárního okruhu na 90°C a po natopení TUV se přepne zpět na ekvitermní regulaci.

Rs-2,3

Regulační smyčky zajišťují ekvitermní regulaci topných větví v závislosti na venkovní teplotě. Pokud není natopen primární okruh kotlů na požadovanou teplotu TV zpátečky do kotlů, směšovací ventily zavírají. Teprve po natopení primárního okruhu se povolí jejich otevření.

Rs-4

Regulační smyčka zajišťuje nabíjení boileru TUV.

Požadovaná teplota TUV je dána parametry zvlášť pro TUV 1 a TUV 2 . Chod cirkulačního je možno ovládat pomocí týdenního programu topení. Pokud se v týdenním programu topení

zadá nenulové číslo, cirkulační čerpadlo se v daný den a danou hodinu zapne. Pokud zadáme v týdenním programu nulovou hodnotu, cirkulační čerpadlo se vypne.

Tabulka 7 - Parametry kotle Hydrotherm MV-1080.1

Plynový kotel				
označení (typ)		MV-1080.1		
rok výroby		1996		
dodavatel		Hydrotherm		
údaj	číslo	název	jednotka	hodnota
základní rozměry	1	šířka	mm	5070
	2	hloubka	mm	1175
	3	výška	mm	1200
technické parametry	4	jmenovitý výkon	kW	1080
	5	objem vody nebo páry	l	489
	6	jmenovitá spotřeba plynu	m ³ N.h-1	121
	7	jmenovitá účinnost	%	93-94
palivo	8	druh plynu	-	zemní
	9	výhřevnost	MJ.mN ⁻³	35
	10	přetlak plynu u HU	Pa	2000
topný systém	11	typ hořáku	-	atmosf.
	12	počet hořáků	-	3
	13	přetlak plynu před hořákem	Pa	2000
	14	přetlak vzduchu před hořákem	Pa	atmosf.
el. Instalace	15	el. Napětí sítě	V	230
	16	instalovaný el. příkon	W	645
hmotnost	17	hmotnost kotle	kg	5220

Tabulka 8 - Technická data kotle Hydrotherm MV-1080.1

technická data		
rozsah jmenovitého tep. zatížení	kW	396-1188
rozsah jmenovitého tep. výkonu	kW	360-1080
normovaný stupeň využití	%	93-34
počet topných článků		3
počet hořákových trubek		36
počet kotlových článků		42
objem vody v buňce	l	163
odpor na straně vody rozdíl T=20K	mbar	21
součinitel odporu		5,6
minimální průtok vody	m ³ h ⁻¹	23,2
hmotnostní průtok spalin min/max	kg/h	1789/2354

5. Návrhy změn provozu

Díky datům z tabulky 5 – provozního deníku kotelny známe stávající způsob provozování. Největším problémem je odpojení ekvitermní regulace na regulační smyčce 1 – primární okruh. Nyní nastavuje časy začátku, konce zátopu a teplotu vody v primárním okruhu školník. V důsledku je teplota nastavena na vyšší teplotu, než je třeba, což snižuje účinnost kotlů a zvyšuje ztráty. Také topné časy jsou nesystematicky nastavovány. Když výuka končí nejdéle ve 14:30, je nesmyslné vytápět budovy například do 20:00.

Stávající kotle by měly být provozovány podle projektu. Je třeba uvést do chodu ekvitermní regulaci na regulační smyčce 1 – primárním okruhu, do jednotky naprogramovat časy začátků a konců výuky pro jednotlivé dny. Jakýkoli zásah lidského faktoru má negativní vliv na spotřebu paliva.

Také způsob větrání má vliv na spotřebu energie. Nejlepší je provádět krátké intenzivní větrání. Nejhorším způsobem je otvírání tzv. „větraček“ v úrovni pasu po celou dobu výuky. Vydýchaný vzduch se drží u stropu a vyměněn není. Výměna vzduchu je minimální. Pouze se pouští chlad do místnosti a teplo od radiátorů je odváděno ven. Pokud by byl požadavek na kontinuální větrání, je vhodné ho zajistit otevřením nebo vyklopením velkého, horního křídla oken.

6. Návrh výměny kotlů

Jelikož stávající kotle jsou provozovány již 16 let, je na místě uvažovat o jejich výměně. Životnost se udává okolo 20 let.

Vzhledem k rozměrům kotelny nelze uvažovat o výměně kotle za jiný, než opět plynový. Kvůli požadavku na snížení spotřeby je nejlepší variantou volba kondenzačního plynového kotle, který má účinnost až 97,5%, oproti klasickým nízkoteplotním s účinností okolo 90%. Z předchozích výpočtů a provozních dat bylo zjištěno, že výkon stávajících kotlů je předimenzován. Pro stávající komplex budov by postačoval kotel o výkonu 800kWh místo stávajících 1080kWh. Také investiční náklady na výměnu by se snížily.

Dalším vhodným opatřením pro snížení spotřeby je oddělení ohřevu TUV od vytápění. Ohřev vody v zásobnících TUV by měl zajišťovat samostatný kotel. Také oběh TUV (čerpadlo) v budovách školy by měl být nastaven podle doby vyučování. Zapnut by měl být při začátku výuky. Průběh by měl být pulzní v určitých časových intervalech a skončit současně s výukou.

7. Použitá literatura

1. Základní škola Český Dub: O škole. [online].1999-2012, [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://www.zscdub.cz/?page_id=9>
2. Český Dub: Základní škola v Českém Dubu. [online]. 2007 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <<http://www.cdub.cz/zakladni-skola-v-ceskem-dubu/g-1047/prehravac=1&p1=68#vfoto>>
3. Tzbinfo: tabulky. In: [online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2012 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_katalog.html>
4. Isover: Isover Unirol-Plus. [online]. © Divize Isover, 2012 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <<http://www.isover.cz/isover-unirol-plus>>
5. Revitalizace: Teorie výpočtu tepelných ztrát objektu. In: [online]. © Revitalizace.com 2008-2012, 21.1.2011 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <<http://www.revitalizace.com/teorie-vypoctu/teorie-vypoctu-tepelnych-ztrat-objektu/>>
6. NOVÁK, Jan. Tzbinfo: Výhřevnosti paliv. In: [online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2012 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>>
7. URBAN, Ing. Miroslav. Tzbinfo: Hodnocení energetické náročnosti budovy - polyfunkční dům. In: [online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2012, 14.7.2008 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/4963-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budovy-polyfunkcni-dum>>
8. České vysoké učení technické v Praze: Hodnocení energetické náročnosti budov. [online]. © 2007 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <<http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?page=hodnoceni-enb>>
9. Adum: Aktivní izolace. [online]. Copyright © 2009 Adům.cz, s.r.o., s. 2 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <<http://www.adum.cz/public/default/files/v%C3%BDpo%C4%8Det%20ztr%C3%A1t%20odborn%C4%9B.pdf>>
10. Plynovody: Technické parametry kotlů Hydrotherm. In: [online]. 1999-2012 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <<http://plynovody.webpark.cz/techhydrotherm.htm>>
11. Tzbinfo: Tepelné izolace. [online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2012, 1.2.2010 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <<http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/6220-pozadavek-na-soucinitel-prostupu-tepla-konstrukce-podlah-na-zemine-reseni-podlah-s-ohledem-na-tento-pozadavek>>

12. Národní kalkulační nástroj: Energetická náročnost budov. [online]. © 2007 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <<http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?page=hodnoceni-enb>>
13. HIRŠ, Jiří a Günter GEBAUER. *Vzduchotechnika v příkladech 1: Prostředí budov*. první. Brno: akademické nakladatelství Cerm, 2006. ISBN 80-7204-486-9.
14. SZÉKYOVÁ, Marta, Karol FERSTL a Richard NOVÝ. *Větrání a klimatizace*. první české vydání. Bratislava: Jaga Group s.r.o., 2006. ISBN 80-8076-037-3.

8. Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 - ZÁKLADNÍ ŠKOLA (BUDOVY B A C)	15
OBRÁZEK 2 - SPORTOVNÍ HALA (G)	16
OBRÁZEK 3 - JÍDELNA, KUCHYNĚ (F)	16
OBRÁZEK 4 - ŠKOLNÍ DRUŽINA (E)	17
OBRÁZEK 5 - BUDOVA C	21
OBRÁZEK 6 - PŮDORYS BUDOVY C	22
OBRÁZEK 7 - PRŮBĚH TEPLoty V TEKUTINÁCH A V JEDNODUCHÉ ROVINNÉ STĚNĚ	23
OBRÁZEK 8 - MAPA TEPLOTNÍCH OBLASTÍ ČR V ZIMNÍM OBDOBÍ	31

9. Seznam tabulek

TABULKA 1 - NÁVRHOVÉ HODNOTY TEPLoty ZEMINY TGR	25
TABULKA 2 - IZOLAČNÍ VLASTNOSTI	30
TABULKA 3 - ZVĚTŠENÍ OBLASTNÍ TEPLoty TE ČR V ZIMNÍM OBDOBÍ S OHLEDEM NA NADMOŘSKOU VÝŠKU	32
TABULKA 4- KLASIFIKAČNÍ TŘÍDY EN PODLE VYHLÁŠKY 148/2007 SB., HODNOTY JSOU UVEDENY V KWH/M2	39
TABULKA 5 - PROVOZNÍ DENÍK	39
TABULKA 6 - SPOTŘEBA PLYNU	50
TABULKA 7 - PARAMETRY KOTLE HYDROTHERM MV-1080.1	51
TABULKA 8 - TECHNICKÁ DATA KOTLE HYDROTHERM MV-1080.1	51

10. Seznam schémat

SCHÉMA 1 – SCHÉMA BUDOV	18
SCHÉMA 2 – KONSTRUKCE STROPU	27
SCHÉMA 3 – KONSTRUKCE PODLAHY	29